

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2001123242
PUBLICATION DATE : 08-05-01

APPLICATION DATE : 25-10-99
APPLICATION NUMBER : 11302187

APPLICANT : HONDA MOTOR CO LTD;

INVENTOR : TSUCHIYA MASAYUKI;

INT.CL. : C22C 37/06 B22D 17/00 C22C 37/08

TITLE : Fe SERIES ALLOY MATERIAL FOR THIXOCASTING

ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent the generation of cracks even in the case of a product having a thin or slender shape by strengthening the chill structure causing the generation of cracks at the time of solidification and shrinkage in the material, moreover improving its toughness.

SOLUTION: In an Fe series alloy material for thixocasting having a composition containing, by weight, 1.8 to 2.5% C, 1.0 to 3.0% Si and 0.1 to 1.5% Mn, and the balance Fe with inevitable impurities and 10 to 50% eutectic quantity Ec, Cr is contained by 0.1 to 1.0%. Cr carbides are produced in a liquid phase to strengthen the chill structure after casting, and austenite remains in a solid phase part by Cr in the solid phase to improve its toughness, so that the generation of cracks at the time of solidification and shrinkage can be prevented.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

1 2 3

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-123242

(P2001-123242A)

(43) 公開日 平成13年5月8日 (2001.5.8)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード* (参考)
C 2 2 C 37/06		C 2 2 C 37/06	Z
B 2 2 D 17/00		B 2 2 D 17/00	Z
C 2 2 C 37/08		C 2 2 C 37/08	Z

審査請求 有 請求項の数 2 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平11-302187

(22) 出願日 平成11年10月25日 (1999. 10. 25)

(71) 出願人 000005326

本田技研工業株式会社

東京都港区南青山二丁目1番1号

(72) 発明者 上野 宏明

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
社本田技術研究所内

(72) 発明者 土屋 雅之

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
社本田技術研究所内

(74) 代理人 100096884

弁理士 末成 幹生

(54) 【発明の名称】 チクソキャストイング用 F e 系合金材料

(57) 【要約】

【課題】 凝固収縮時のクラック発生の起点となるチル組織の強化ならびに靱性向上を図り、薄肉や細形状の製品であってもクラックの発生を未然に防止する。

【解決手段】 Cが $1.8\text{wt}\% \leq C \leq 2.5\text{wt}\%$ 、Siが $1.0\text{wt}\% \leq Si \leq 3.0\text{wt}\%$ 、Mnが $0.1\text{wt}\% \leq Mn \leq 1.5\text{wt}\%$ 、残部がFeおよび不可避不純物を有し、共晶量Ecが $10\text{wt}\% < Ec < 50\text{wt}\%$ であるチクソキャストイング用Fe系合金材料において、Crを $0.1\text{wt}\% \leq Cr \leq 1.0\text{wt}\%$ 含有する。液相中にCr炭化物が生成して鑄造後のチル組織が強化され、固相中のCrにより固相部分にオーステナイトが残留して靱性が向上し、その結果、凝固収縮時のクラックの発生が防止される。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 C を $1.8\text{wt}\% \leq C \leq 2.5\text{wt}\%$ 、 Si を $1.0\text{wt}\% \leq Si \leq 3.0\text{wt}\%$ 、 Mn を $0.1\text{wt}\% \leq Mn \leq 1.5\text{wt}\%$ 、残部が Fe および不可避不純物からなる組成を有し、共晶量 E_c が $10\text{wt}\% < E_c < 50\text{wt}\%$ であるチクソキャスト用 Fe 系合金材料において、

Cr を $0.1\text{wt}\% \leq Cr \leq 1.0\text{wt}\%$ 含有することを特徴とするチクソキャスト用 Fe 系合金材料。

【請求項2】 さらに、 Ni を $0.2\text{wt}\% \leq Ni \leq 3.0\text{wt}\%$ 含有することを特徴とする請求項1に記載のチクソキャスト用 Fe 系合金材料。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、チクソキャスト用 Fe 系合金材料に係り、特に、薄肉部や細い溶湯通路部等での凝固収縮によるクラックの発生を防止することができるチクソキャスト用 Fe 系合金材料に関する。

【0002】

【従来の技術】チクソキャスト法では、鑄造材料を加熱して固相（略固相となっている相、以下同じ）と液相とが共存する半溶融状態とし、次いで、その半溶融状態の鑄造材料を加圧下で鑄型のキャビティに充填し、その加圧下で鑄造材料を凝固させるようにしている。このようなチクソキャスト法では、鑄造材料を半溶融状態とすることにより、低い溶融温度で鑄型への鑄造が可能であるため、鑄型への熱負荷が一般の鑄造と比べて極めて軽減され、型寿命が長く経済的であるとともに、普通のダイキャスト装置を用いることができる等の利点があることから、アルミ材では広く普及している。一方、鉄系合金におけるチクソキャスト法として、特開平5-43978号公報では、 C : $2.6 \sim 3.6\text{wt}\%$ 、 Si : $0 \sim 3.0\text{wt}\%$ 、 Mn : $0.1 \sim 1.0\text{wt}\%$ 含有し、かつ、共晶の量が $50\text{wt}\%$ 以上で $70\text{wt}\%$ 以下、炭素等量($C\text{wt}\% + 0.3Si\text{wt}\%$)が $3.5 \sim 3.9\text{wt}\%$ を満たす Fe 系合金材料を用い、固相率を $30 \sim 50\text{wt}\%$ としてチクソキャストを行うことにより、収縮孔の少ない良好な鋳物を得ることができるとされている。

【0003】ところで、 Fe 系合金材料を用いたチクソキャスト法では、溶湯温度が低い状態で材料を鑄型へ充填するため、薄肉製品や複雑な形状の製品を成形する場合のように、内部に狭い溶湯通路を有する鑄型を用いる鑄造では、半溶融鑄造材料が鑄型壁面から急激に冷却され、得られた製品のうち液相から凝固した部分が靱性の低いチル組織になる。このチル組織は、鑄造材料の凝固収縮時にクラック発生の起点となるため、鑄型内部に狭い溶湯通路を設けないような設計を余儀なくされていた。そこで、特開平9-239513号および特開

平9-239514号では、薄板形状の製品の表面性状を向上させることも兼ね、鑄型内壁部に炭素材料（黒鉛）を用いることにより溶湯の急冷を緩和し、チル組織、特にセメントの生成を抑制し、割れの少ない鋳物製品を製造することができるダイキャスト用鑄型が提案されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、溶湯を鑄型に直接鑄造する場合よりも低い温度での鑄造が可能なチクソキャスト法においても、 Fe 系合金材料を用いると溶湯温度は 1190°C 前後というかなりの高温であり、しかも、溶湯を加圧するダイキャスト法を用いるため使用環境がかなり厳しい。したがって、炭素材料を用いた鑄型では、特に、製品の薄肉部や溶湯通路等での鑄型表面の溶損が激しい。このため、鑄型の交換を頻繁に行う必要があり、経済的でなく生産性も低下するという問題があった。したがって、薄肉製品のクラックの発生を防止するために、鑄造材料そのものを改善することが重要な課題となっていた。

【0005】本発明は上記事情に鑑みてなされたもので、従来の鑄型を用いることで経済性および生産性を低下させることなく、凝固収縮時のクラック発生の起点となるチル組織の強度を向上させることにより、薄肉や細形状の製品であってもクラックの発生を未然に防止することができるチクソキャスト用 Fe 系合金材料を提供することを目的としている。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明者は、チル組織に起因するクラック発生を防止するために鋭意研究を重ねた結果、含有元素の1つである Cr に着目した。すなわち、本発明者は、 Fe 系合金材料に Cr を規定量添加することにより、半溶融状態に調整した場合の液相中に Cr 炭化物が生成し、チクソキャスト後においては、複雑形状（薄肉部）を有する成形品であっても、 Cr 炭化物によってチル組織が強化され、その結果、鑄型中での凝固収縮によるクラックの発生が防止されることを見出した。また、固相中に固溶している Cr は固相部分にオーステナイトを残留させ、これによって組織全体の靱性が増加することも判った。

【0007】本発明は、上記知見に基づいてクラック発生の防止に寄与する Cr 量を定量的に解析してなされたものであり、 C を $1.8\text{wt}\% \leq C \leq 2.5\text{wt}\%$ 、 Si を $1.0\text{wt}\% \leq Si \leq 3.0\text{wt}\%$ 、 Mn を $0.1\text{wt}\% \leq Mn \leq 1.5\text{wt}\%$ 、残部が Fe および不可避不純物からなる組成を有し、共晶量 E_c が $10\text{wt}\% < E_c < 50\text{wt}\%$ であるチクソキャスト用 Fe 系合金材料において、 Cr を $0.1\text{wt}\% \leq Cr \leq 1.0\text{wt}\%$ 含有することを特徴としている。以下、上記数値限定の根拠を本発明の作用とともに説明する。

【0008】共晶量 E_c : $10\text{wt}\% < E_c < 50\text{wt}\%$

%

Fe系合金材料を加熱していくと、共晶温度で共晶の溶融が始まり、その溶融潜熱のために温度の上昇は一時停止し、その温度で共晶の溶融が進行する。そして、全ての共晶が溶融すると温度は再び上昇し始める。したがって、共晶量が多ければ固相率が低くなる。チクソキャスト法では、固相率を厳密に管理する必要があることから、共晶温度よりもやや高い温度まで加熱することで加熱温度に基づいて固相率を管理する。本発明では、共晶量 E_c を前述の特開平5-43978号における $50\text{wt}\% \leq E_c \leq 70\text{wt}\%$ よりも低く設定することにより、製品の機械的特性を向上させるとともに固相率を高めている。

【0009】一般に、Fe系合金材料を加熱して半溶融状態にすると、共晶の溶融（共晶溶解）で生じた液相が固相の周りを取り囲む。液相は大きな潜熱を持っているためその流動性が維持され、固相が成長して凝固収縮が進行している間も固相どうしの隙間に液相が充分に供給され、ミクロンオーダーの空孔の発生が防止される。これにより、チクソキャスト特有の機械的特性を有する製品を得ることができる。ところが、共晶量が上記従来技術のように多いと、熱処理後に粗大な黒鉛の析出量が多くなって製品の機械的特性が通常の鋳込みによる鋳物と同等になってしまう。本発明者の検討によれば、共晶量 E_c を $50\text{wt}\%$ 未満にすることにより、製品のヤング率、引張強さ、疲労強度等の機械的特性が向上することが判明している。また、共晶量 E_c を $50\text{wt}\%$ 未満にすることで固相率を高めることができ、半溶融材料の自立性等の取扱性を向上させることができる。

【0010】一方、共晶量 E_c が $10\text{wt}\%$ 以下の場合には、鋳造温度（半溶融Fe系合金材料の温度、以下、同じ）がFe系合金の平衡状態図の液相線近くまで上昇してしまい、鋳造装置や搬送装置の熱負荷が高くなってその耐久性を劣化させる。よって、共晶量 E_c は、 $10\text{wt}\% < E_c < 50\text{wt}\%$ とした。

【0011】 $C: 1.8\text{wt}\% \leq C \leq 2.5\text{wt}\%$
CはSiとともに共晶量を左右する元素であり、共晶量が $10\text{wt}\%$ を上回るようにするためには $1.8\text{wt}\%$ 以上含有する必要がある。また、Cの含有量が $1.8\text{wt}\%$ 未満では、Siの含有量を増やして共晶量が $10\text{wt}\%$ を上回るようにしても、鋳造温度が高くなってしまうのでチクソキャストの利点が滅殺される。一方、Cの含有量が $2.5\text{wt}\%$ を上回ると共晶量が多くなり、その結果、前述のように黒鉛の析出量が多くなるとともに、固相率が低下して鋳造装置の耐久性と半溶融材料の取扱性を低下させる。よって、Cの含有量は $1.8\text{wt}\% \leq C \leq 2.5\text{wt}\%$ とした。

【0012】 $Si: 1.0\text{wt}\% \leq Si \leq 3.0\text{wt}\%$
Siの含有量が $1.0\text{wt}\%$ 未満では、Cの含有量が $1.8\text{wt}\%$ 未満のときと同様に鋳造温度が高くなって

しまう。一方、Siの含有量が $3.0\text{wt}\%$ を上回ると、硬くて脆いシリコフェライトが増加して製品の機械的特性の向上を図ることができない。よって、Siの含有量は $1.0\text{wt}\% \leq Si \leq 3.0\text{wt}\%$ とした。

【0013】また、CとSiの含有量と固相率との関係から上記数値限定の根拠を説明する。図1はFe-C-Si系合金における加熱温度と固相率との関係を示す線図であり、C、Si含有量がそれぞれ本発明の下限値の $1.8\text{wt}\%$ 、 $1.0\text{wt}\%$ の場合と、C、Si含有量がそれぞれ本発明の上限値の $2.5\text{wt}\%$ 、 $3.0\text{wt}\%$ の場合の加熱温度-固相率の関係を示している。C、Si含有量の下限値未満では、必要な固相率R（例えば $R > 50\text{wt}\%$ ）を得るためには鋳造温度がかなり高くなってしまふのが判る。換言すれば、鋳造装置等の耐久性の観点から設定される鋳造温度では固相率が高く、溶湯の充填不良や湯境などにおける成形不良が生じる。一方、C、Si含有量の上限値を上回ると、固相率が低くなり、半溶融材料の自立性等の取扱性が低下する。なお、図1には、後述する実施例3（C: $2.38\text{wt}\%$ 、Si: $1.99\text{wt}\%$ ）と比較例1（C: $2.27\text{wt}\%$ 、Si: $1.98\text{wt}\%$ ）の加熱温度と固相率の関係も示した。

【0014】 $Mn: 0.1\text{wt}\% \leq Mn \leq 1.5\text{wt}\%$
Mnは脱酸剤として添加されるが、そもそもオーステナイト生成元素であり、固相部分にオーステナイトを残留させる重要な元素である。Mnの含有量が $0.1\text{wt}\%$ を下回ると、脱酸剤としての効果がなくなり、また、固相部分でのオーステナイトの残留が全くなるとともに、チル組織を呈するレデブライトにおけるオーステナイトの晶出が全く行われなくなり、チル組織の強化ができず、クラックの発生の防止ができなくなる。一方、Mnの含有量が $1.5\text{wt}\%$ を上回ると、レデブライト中のセメントイト $[(FeMn)_3C]$ の析出量が多くなるため、製品の靱性および切削性が低下する。よって、Mnの含有量は $0.1\text{wt}\% \leq Mn \leq 1.5\text{wt}\%$ とした。

【0015】 $Cr: 0.1\text{wt}\% \leq Cr \leq 1.0\text{wt}\%$
本発明では、Crは液相中にCr炭化物を生成してチル組織を強化するとともに、固相中に固溶した場合の固相部分にオーステナイトを残留させる重要な元素である。Crの含有量が $0.1\text{wt}\%$ を下回ると液相と固相に分散する量が少なく、Cr炭化物の生成ならびにオーステナイトの残留が不十分となる。一方、Crの含有量が $1.0\text{wt}\%$ を上回ると熱処理時のセメントイトの分解を妨げ、未分解のセメントイトによって製品の靱性および切削性が低下する。よって、Crの含有量は $0.1\text{wt}\% \leq Cr \leq 1.0\text{wt}\%$ とした。

【0016】さらに、本発明者は、オーステナイト生成元素であるNiに着目して検討を重ねた結果、Niを $0.2\text{wt}\% \leq Ni \leq 3.0\text{wt}\%$ の範囲で上記元素と

併用することにより、鑄造後の凝固収縮によるクラックの発生をより一層確実に防止できることを見出した。Niの数値限定の根拠は、次による。

【0017】 $Ni: 0.2wt\% \leq Ni \leq 3.0wt\%$
オーステナイト生成元素であるNiは、オーステナイトの残留をさらに促進させるとともに、残留させたオーステナイトに不純物を閉じ込めて無害化する。つまり、靱性を低下させる不純物を靱性に富むオーステナイト中に分散させることにより、不純物が機械的特性に対して影響しないようにする働きがある。また、Niは肉厚部のように徐冷される部分のパーライト化を防止する働きがある。そのような効果を得るためには、Niの含有量は $0.2wt\%$ 以上必要である。一方、製品を鑄造した後は、セメントサイトを消失させて微細な球状黒鉛にする熱処理が行われるのが通常であるが、Niの含有量が $3.0wt\%$ を上回ると、析出した黒鉛が凝集して靱性を低下させるとともに、熱処理後の冷却でマルテンサイト化し硬度が高くなる。さらに、Niの過剰な添加は材料費のコストアップにつながる。よって、Niの含有量は $0.2wt\% \leq Ni \leq 3.0wt\%$ とした。

【0018】ここで、上記のようなチクソキャストイング用Fe系合金材料を用いて鑄造するには、固相率が $50wt\%$ を上回る半溶融状態とすることが望ましい。これにより、鑄造温度を低温側へシフトして鑄造装置の劣化を緩和するとともに、オーステナイトが残留した微細な固相組織が多いことは、凝固収縮時のクラックの発生防止に一層の効果をもたらす。また、固相率が $50wt\%$ 以下では、液相量が多すぎて半溶融材料の自立性と取扱性が悪化する。

【0019】

【実施例】以下、具体的な実施例により本発明をさらに詳細に説明する。

A. 鑄造装置

図2は、図3に示すオイルポンプカバー20を鑄造するために用いられる加圧鑄造装置1を示す断面図であり、鑄造されたオイルポンプカバー20は、湯道21と製品部22とからなっている。この加圧鑄造装置1は、鉛直な合せ面2a、3aを有する固定金型2および可動金型3を備え、両合せ面2a、3a間に鑄物形成用キャビティ4が形成される。固定金型2には、Fe系合金材料5を収容するチャンバ6が形成され、チャンバ6は円錐台形孔7およびゲート8を介してキャビティ4に連通している。また、固定金型2には、チャンバ6に連通するスリーブ9が水平に取り付けられ、スリーブ9には、チャンバ6に挿入されるプランジャ10が水平方向に摺動自在に嵌合されている。そして、スリーブ9の周壁上部に形成された材料挿入口11から半溶融状態のFe系合金材料5を落下させ、プランジャ10を左方向へ水平移動させることで材料5をキャビティ4内に充填するようになっている。

【0020】キャビティ4には、ゲート8の直後の位置に湯道4aが設けられ、オイルポンプカバー20の中央の孔23を形成する抜きピン4bと周縁部のボルト孔24を形成する抜きピン4cが設けられている。なお、固定および可動金型2、3は、例えばSKD61等の鉄系合金で構成される。なお、冷却速度を増すためにCu-Be系合金、Cu-Cr系合金、Cu-Ni系などの銅系合金で構成しても良い。

【0021】B. 鑄造用材料

図4は、本実施例（比較例も含む）で使用されるFe-C-Si系合金材料におけるCおよびSi含有量と共晶量Ecとの関係を示す線図である。同図に示すように、固相線の右側へ向かって、共晶量Ecがそれぞれ $10wt\%$ 、 $20wt\%$ 、 $30wt\%$ 、 $40wt\%$ 、 $50wt\%$ 、 $100wt\%$ の、 $10wt\%$ 共晶線、 $20wt\%$ 共晶線、 $30wt\%$ 共晶線、 $40wt\%$ 共晶線、 $50wt\%$ 共晶線、 $100wt\%$ 共晶線が並んでいる。

【0022】また、Fe系合金材料の共晶量Ecは $10wt\% < Ec < 50wt\%$ としており、これは、図4では $10wt\%$ 共晶線と $50wt\%$ 共晶線の間の範囲となる。さらに、Fe系合金材料のCの含有量は $1.8wt\% \leq C \leq 2.5wt\%$ 、Siの含有量は $1.0wt\% \leq Si \leq 3.0wt\%$ としており、この含有量で図4を区画すると、点a1～点a6を結んで得られる略六角形状の範囲となる。そして、以下に説明する本発明の実施例と比較例のFe系合金材料の成分は、その略六角形状の範囲内となるように調整されている。なお、図4における括弧内の数字は、C含有量をx軸、Si含有量をy軸としたときの座標である。

【0023】C. 鑄造試験

図2に示す加圧鑄造装置1を用いて、直径が $50mm$ 、長さが $65mm$ の円柱状Fe系合金材料を半溶融状態に加熱し、最小肉厚部の厚さが $2.5mm$ 、図3に示す9箇所の抜き穴を有するオイルポンプカバーを鑄造した。その際の金型の子熱温度は $250^{\circ}C$ 、加圧保持時間は1秒とし、また、離型材にはグラファイトを用いた。この鑄造に使用したFe系合金材料の成分を表1に示す。なお、これら材料は、いずれも共晶量が $50wt\%$ 未満であり、かつ鑄造時の固相率が 50% を上回るものとした。以上のFe系合金材料を用いて鑄造したオイルポンプカバーのクラックの発生の有無をレッドマークチェックで確認し、また熱処理後における靱性および切削性を調べた。これらの総合的な評価を、クラックの発生がなく靱性および切削性も良好な場合を「○」、クラックが発生したり靱性あるいは切削性が不良な場合を「×」として表1に併記した。なお、熱処理は $1100^{\circ}C$ で60分保持後、空冷の焼鈍処理を施すものとした。

【0024】

【表1】

	成 分 (wt%)								評価
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Fe	
実施例1	2.40	1.90	0.62	0.011	0.005	0.31	—	Bal	○
2	2.40	2.01	0.68	0.010	0.006	0.28	2.01	Bal	○
3	2.38	1.99	0.60	0.009	0.006	0.59	1.95	Bal	○
比較例1	2.27	1.98	1.19	0.010	0.005	—	1.10	Bal	×
2	2.25	2.02	1.2	0.010	0.006	—	1.08	Bal	×
3	2.33	2.10	0.65	0.009	0.005	—	1.02	Bal	×
4	2.49	2.02	0.62	0.008	0.006	—	2.04	Bal	×
5	2.41	1.97	0.64	0.010	0.006	1.03	1.98	Bal	×

【0025】図5に、実施例のFe系合金材料によって castingしたオイルポンプカバーを示す。実施例1〜3においてはクラックが一切発生せず、また、良好な靱性および切削性を示した。特に、実施例1ではNiを含んでいないことからCr単独でクラックの発生を防止する効果があることが実証された。一方、比較例1〜4においてはクラックが発生した。また、比較例5ではクラックの発生は認められなかったが、靱性が低く切削性が劣っていた。ここで、図6に実施例3の表面性状を、また図7に比較例3の表面性状をそれぞれ示す。比較例3では、黒ベタ矢印で指す部分に表面割れが生じており、また、白抜き矢印で指す部分に湯じわが生じている。実施例3では表面割れや湯じわといった欠陥は認められず、 casting性が良好であることが判る。図8は、比較例3に生じたクラック部分を示す顕微鏡写真（100倍）である。このようなクラックは、 casting時に液相であったレデブライト共晶部に発生することが判明しており、Crを添加することによりレデブライト共晶部の強度不足がMnとともにセメンタイトを強化することで補われ、クラックの発生が防止されたと推察される。

【0026】D. 金属組織観察

図9は、実施例3の表面近傍の内部組織を示す顕微鏡写真（100倍）である。内部組織はクラックの発生した図8の比較例3と同様であり、成形時に固相であった白い円状のオーステナイト部と、針状のマルテンサイト部と、それを取り囲む成形時液相であった灰色地に黒色の粒状物が点在するレデブライト共晶部とからなる。両図を比較するとその組織に差異は認められず、Cr添加の影響での組織変化による強度向上効果は否定される。よってCrは、割れの発生するレデブライト共晶中のセメンタイトの強度を効果的に向上させていると言える。また、図10は比較例5の表面近傍の内部組織を示す顕微鏡写真（400倍）である。比較例5はCrが1.03wt%添加されており、セメンタイト中のCrが十分に

分解されていない状態が顕著に認められる。

【0027】

【発明の効果】以上説明したように本発明においては、Fe-C-Si系（三元系）合金材料においてCr含有量を適切に限定したことにより、凝固収縮時にクラック発生起点となるチル組織が強化されるとともに靱性の高いオーステナイトが効果的に残留し、その結果、薄肉や細形状の製品であってもクラックの発生を未然に防止することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 C、Si含有量に対応した加熱温度と固相率との関係を示す線図である。

【図2】 本発明の実施例で使用した加圧 casting装置の断面図である。

【図3】 実施例のFe系合金材料で castingしたオイルポンプカバーを示す平面図である。

【図4】 C、Si含有量と共晶量との関係を示す線図である。

【図5】 実施例のFe系合金材料で castingしたオイルポンプカバーを示す写真である。

【図6】 実施例のFe系合金材料で castingしたオイルポンプカバーの表面性状を示す写真である。

【図7】 比較例のFe系合金材料で castingしたオイルポンプカバーの表面性状を示す写真である。

【図8】 比較例のFe系合金材料で castingしたオイルポンプカバーのクラック部分の内部組織を示す顕微鏡写真である。

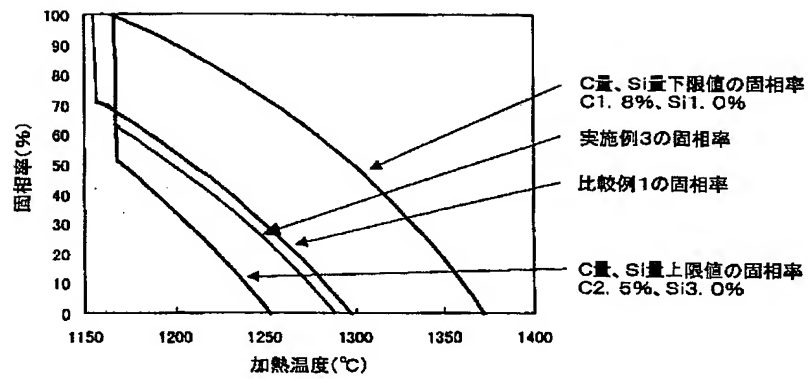
【図9】 実施例のFe系合金材料で castingしたオイルポンプカバーの内部組織を示す顕微鏡写真である。

【図10】 比較例のFe系合金材料で castingしたオイルポンプカバーの内部組織を示す顕微鏡写真である。

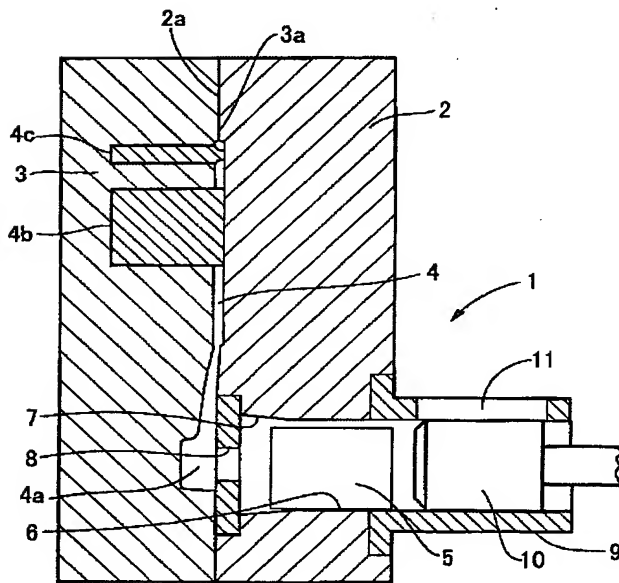
【符号の説明】

1…加圧 casting装置、4…キャビティ、5…Fe系合金材料。

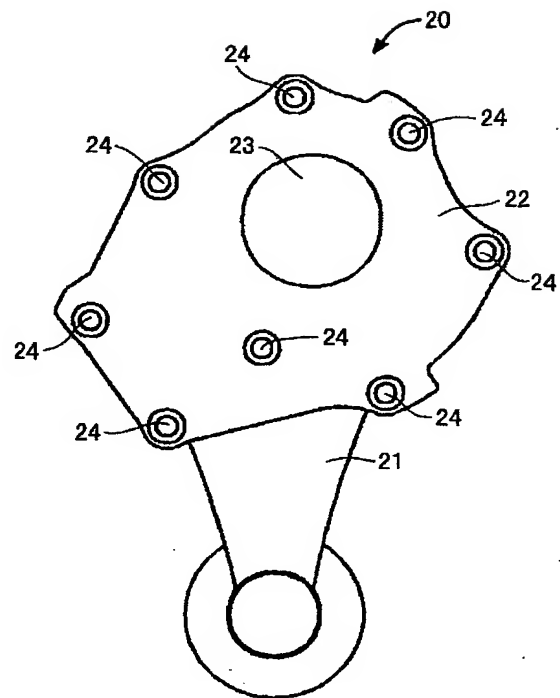
【図1】



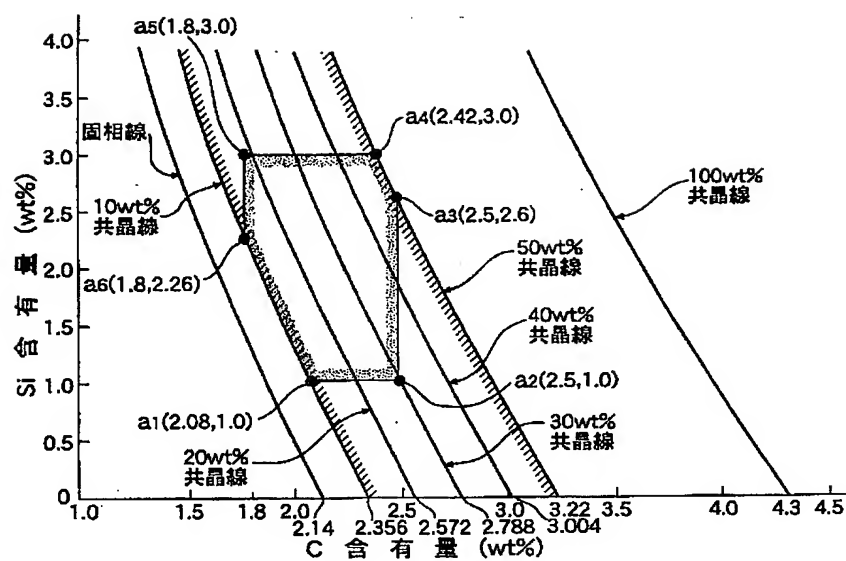
【図2】



【図3】

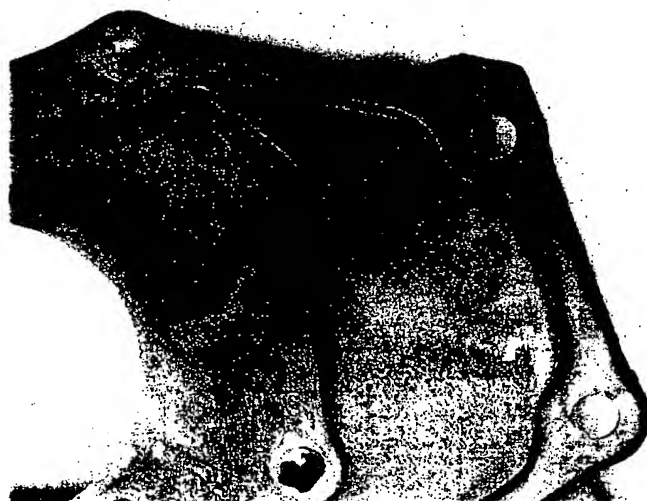


【図4】



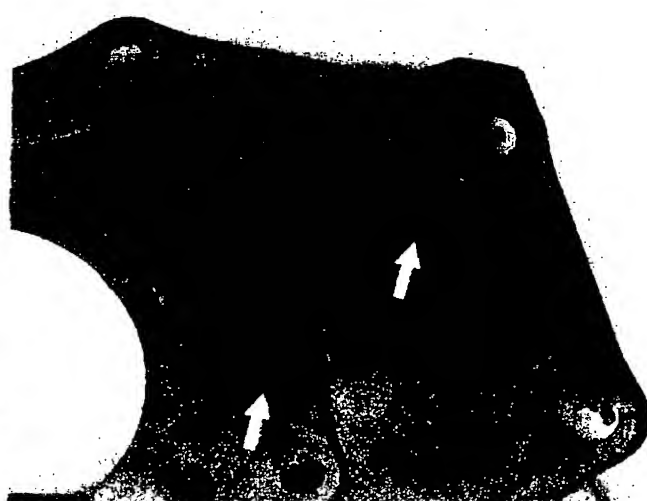
【図6】

図面代用写真



【図7】

図面代用写真



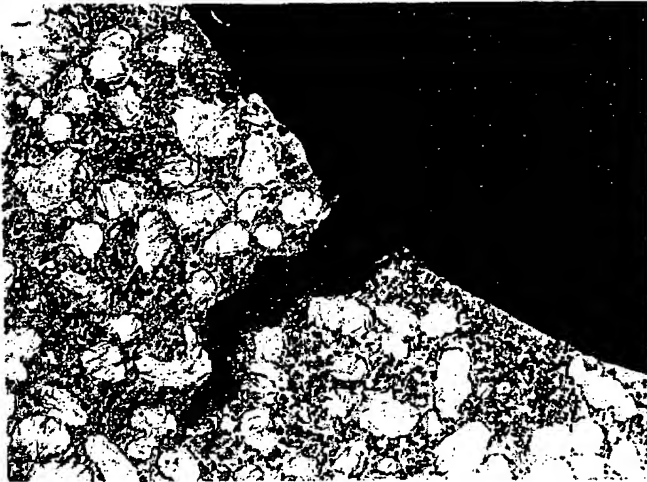
【図5】

図面代用写真



【図8】

図面代用写真



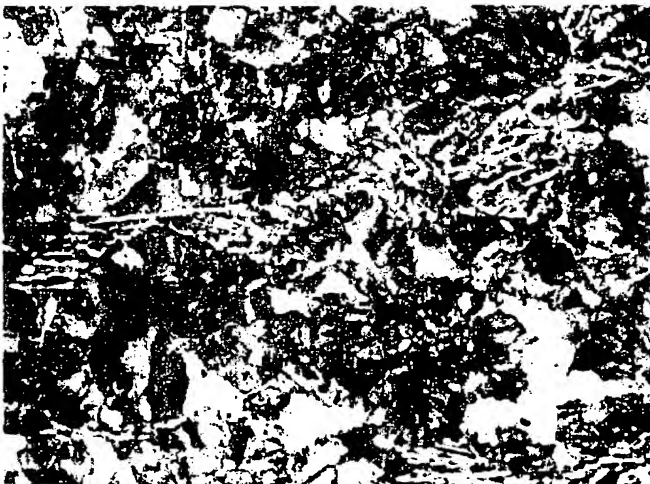
【図9】

図面代用写真



【図10】

図面代用写真



THIS PAGE BLANK (USPTO)